

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
23 octobre 2003 (23.10.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 03/088471 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H02P 9/14

(72) Inventeur; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR03/01167

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : SEBILLE,  
Dominique [FR/FR]; 12, rue Victor Carnignac, F-94110  
Arcueil (FR).

(22) Date de dépôt international : 11 avril 2003 (11.04.2003)

(74) Mandataire : GAMONAL, Didier; Valéo Equipements  
Electriques Moteur, 2, rue André-Boulle, F-94017 Créteil  
Cedex (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : DE, US.

(26) Langue de publication : français

Publiée :

(30) Données relatives à la priorité :

02/05098 12 avril 2002 (12.04.2002) FR

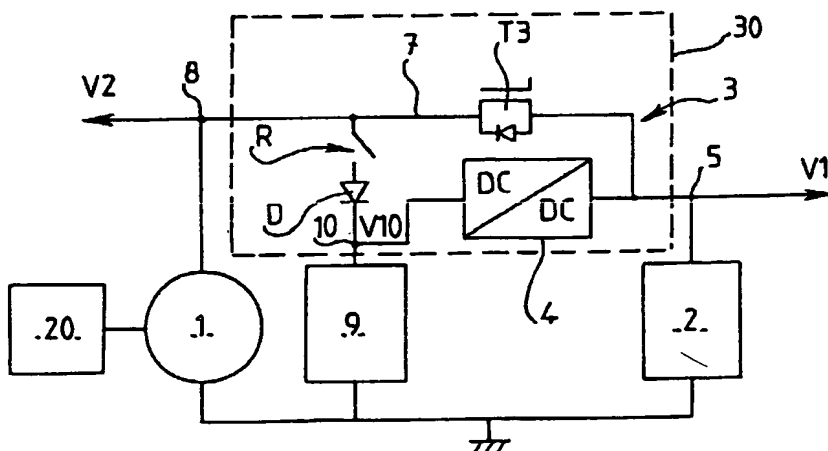
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : VALEO  
EQUIPEMENT ELECTRIQUES MOTEUR [FR/FR];  
2, rue André-Boulle, F-94017 Créteil Cedex (FR).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: ARRANGEMENT FOR CARRYING OUT A METHOD FOR CONTROLLING A MULTI-PHASED AND  
REVERSIBLE ROTATING ELECTRICAL MACHINE ASSOCIATED WITH A HEAT ENGINE OF A MOTOR VEHICLE

(54) Titre : AGENCEMENT POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UN PROCÉDE DE COMMANDE D'UNE MACHINE ELEC-  
TRIQUE TOURNANTE POLYPHASEE ET REVERSIBLE ASSOCIEE A UN MOTEUR THERMIQUE D'UN VEHICULE AU-  
TOMOBILE



(57) Abstract: The invention relates to an arrangement for carrying out a method for controlling a multi-phased and reversible rotating electrical machine associated with a heat engine of a motor vehicle. Said arrangement comprises a network for supplying electrical energy, a battery which is connected to said network, an energy storage device (9) which can be connected to the rotating electrical machine (1) by a switching device (6), a DC to DC converter (4) which is mounted between the energy supply battery (2) and the energy storage device (9), downstream from the switching device (6), and a circuit (7) which can directly connect the rotating

electrical machine (1) to the battery (2). A switch (T1) is provided in said circuit (7).

(57) Abrégé : L'invention concerne un agencement pour la mise en œuvre d'un procédé commande d'une machine électrique tournante polyphasée et réversible associée à un moteur thermique d'un véhicule automobile comprenant un réseau d'alimentation en énergie électrique, une batterie reliée à ce réseau, un dispositif de stockage d'énergie (9) susceptible d'être relié à la machine électrique tournante (1) par un dispositif commutateur (6) ainsi qu'un convertisseur de courant continu en courant continu (4) monté entre la batterie d'alimentation en énergie (2) et le dispositif de stockage d'énergie (9), en aval du dispositif commutateur (6), un circuit (7) susceptible de relier directement la machine électrique tournante (1) à la batterie (2) et un interrupteur (T1) est prévu dans le circuit précité (7).

"Agencement pour la mise en oeuvre d'un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et réversible associée à un moteur thermique d'un véhicule automobile".

#### Domaine de l'invention

L'invention concerne un agencement pour la mise en oeuvre d'un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et réversible associée à un moteur thermique d'un véhicule automobile comprenant un réseau d'alimentation en énergie électrique et une batterie formant source d'énergie électrique reliée à ce réseau ainsi qu'une unité de commande et de contrôle de la machine.

#### Etat de la technique

Bien que des procédés et des agencements de ce type sont déjà connus, il s'est avéré que les machines électriques tournantes possèdent des propriétés exploitables pour l'exécution de certaines fonctions liées au véhicule, qui n'ont pas été vues jusqu'à présent ou qui nécessitaient des moyens complexes et onéreux.

Ainsi à la lumière du document FR A 2 802 363 décrivant des moyens pour alimenter le bobinage d'excitation du rotor de la machine avec une tension de surexcitation, on peut songer à employer un procédé dans lequel on fait produire par surexcitation de la machine pendant un bref délai de temps de l'énergie et rend disponible cette énergie pour l'exécution de certaines fonctions liées au véhicule.

L'agencement pour la mise en oeuvre du procédé peut comporter un dispositif de mise à disposition de l'énergie,

sur le réseau électrique du véhicule, produite pendant le bref temps de surexcitation de la machine.

5 Ce dispositif de mise à disposition de l'énergie est avantageusement un dispositif de stockage de l'énergie susceptible d'être relié à la machine électrique tournante par un dispositif commutateur.

10 L'agencement peut comporter également, en aval du dispositif commutateur, un convertisseur de courant continu en courant continu monté entre la batterie et le dispositif de stockage d'énergie.

Ce convertisseur est d'une grande puissance.

### Objet de l'invention

15

La présente a pour objet, de manière simple et économique, de diminuer la puissance et la taille du convertisseur.

20

Suivant l'agencement du type sus indiqué est caractérisé en ce qu'il comporte un circuit susceptible de relier directement la machine électrique tournante à la batterie par l'intermédiaire du dispositif commutateur et en ce qu'un interrupteur est prévu dans le circuit précité.

25

30 Grâce à l'invention l'interrupteur est monté en parallèle par rapport au convertisseur. Ainsi on stocke l'énergie produite lors de la surexcitation de la machine dans le dispositif de stockage pouvant restituer l'énergie stockée, on prévoit la surexcitation de la machine lors du freinage et on stocke ainsi l'énergie récupérée lors de ce freinage.

35 On peut alors, grâce à l'invention, utiliser un convertisseur de plus faible puissance et d'une taille plus faible. La puissance du convertisseur peut être déterminée

d'après le fonctionnement en mode de freinage récupératif de l'agencement selon l'invention.

Avantageusement l'interrupteur est du type statique et consiste par exemple en un transistor du type MOSFET.

5

### **Description sommaire des dessins**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement dans la description explicative  
10 qui va suivre faite en référence aux dessins schématisés annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels :

- la figure 1 illustre, sous forme schématique, le  
15 principe d'un agencement selon l'invention ;

- la figure 2 illustre un premier mode de réalisation de l'agencement selon la figure 1 ;

- la figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation de l'agencement selon la figure 1 ;

20 - les figures 4 à 9 illustrent différentes utilisations de l'agencement selon la figure 2.

### **Description de modes de réalisation préférentiels de l'invention**

25

L'invention concerne une machine électrique tournante réversible telle qu'un alternateur-démarrreur de véhicule automobile.

Ainsi qu'on le sait, toute machine électrique tournante  
30 comporte un stator et un rotor montés de manière coaxiale, le stator étant porté par un support fixe comportant un palier avant et un palier arrière portant chacun un moyen de palier tel qu'un roulement à billes pour montage à rotation d'un arbre solidaire du rotor de manière décrite ci-après.

L'alternateur permet de transformer un mouvement de rotation du rotor inducteur, entraîné par le moteur thermique du véhicule, en un courant électrique induit dans les bobinages du stator. L'alternateur peut aussi être réversible et constituer un moteur électrique, son stator constituant alors un inducteur et son rotor un induit permettant d'entraîner en rotation, via l'arbre de rotor, le moteur thermique du véhicule. Cet alternateur réversible est appelé alerno-démarrreur et permet de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique et vice versa. Ainsi, un alerno-démarrreur peut démarrer le moteur du véhicule automobile, constituer un moteur auxiliaire pour entraîner par exemple un compresseur de climatisation ou encore, fonctionner en mode moteur pour entraîner le véhicule automobile. En général le stator comporte trois bobinages en sorte que l'alternateur est du type triphasé. En variante l'alternateur est du type hexaphasé et peut être bobiné avec des barres de conducteurs formant des épingles en forme de U. Lorsque l'alerno-démarrreur fonctionne en mode démarrreur ou en mode moteur, il doit transmettre au moteur thermique un couple très élevé.

Cette machine du type polyphasé et réversible fonctionne donc en alternateur, pour notamment charger la batterie du véhicule et alimenter électriquement les consommateurs électriques, et comme démarrreur pour entraîner le moteur à combustion interne, dit aussi moteur thermique, du véhicule automobile pour son démarrage.

A cet effet le pont redresseur en sortie de l'induit de l'alternateur permet de redresser le courant alternatif de l'induit et sert également de pont de commande des phases de l'alternateur. Ce pont est appelé onduleur et comporte des transistors du type MOSFET comme décrit par exemple dans les documents FR-A-2745444 et FR-A-2745445.

De manière connue cette machine tournante formant alternateur comprend :

- un rotor bobiné constituant l'inducteur associé classiquement à deux bagues collectrices reliées aux extrémités du bobinage du rotor et deux balais par lesquels est amené le courant d'excitation, les balais étant portés  
5 par un porte balais relié à un régulateur de tension.

- un stator polyphasé portant plusieurs bobines ou enroulements, constituant l'induit, qui sont connectés en étoile ou en triangle dans le cas le plus fréquent d'une structure triphasée et qui délivrent vers le pont redresseur,  
10 en fonctionnement alternateur, la puissance électrique convertie.

Le pont est relié aux différentes phases de l'induit et est monté entre la masse et une borne d'alimentation de la batterie. Ce pont présente par exemple des diodes associées à  
15 des transistors de type MOSFET.

Le fonctionnement en mode moteur électrique d'un tel alternateur s'effectue en imposant par exemple un courant continu dans l'inducteur et en délivrant de manière synchrone sur les phases du stator des signaux déphasés de  $120^\circ$ ,  
20 idéalement sinusoïdaux mais éventuellement trapézoïdaux ou carrés comme décrit dans les documents les documents FR-A-2745444 et FR-A-2745445 précités.

Ce pont redresseur et de commande est piloté par un module électronique de commande. Le pont et le module de  
25 commande appartiennent à une unité, dite unité de commande et de contrôle, implantée le plus souvent à l'extérieur de la machine. Cette unité est également une unité de gestion et comporte un microcontrôleur.

Il est en outre prévu des moyens pour le suivi de la  
30 position angulaire du rotor pour, en mode moteur électrique, injecter au bon moment du courant électrique dans le bobinage concerné du stator.

Ces moyens avantageusement du type magnétique envoient des informations au module électronique de commande et sont

décrits par exemple dans les documents FR-2 807 231 et FR 2 806 224 (WO 01/69762).

Ces moyens comportent donc une cible calée en rotation sur le rotor ou la poulie de la machine et au moins un  
5 capteur du type à effet Hall ou magnéto-résistif détectant le passage de la cible avantageusement du type magnétique.

De préférence au moins trois capteurs sont prévus, ceux-ci étant portés par le palier avant ou arrière que comporte la machine électrique tournante pour supporter de  
10 manière fixe le stator et à rotation le rotor.

On souhaite dans certains cas améliorer les performances de démarrage d'un alternateur-démarreur. Ainsi, il est possible de surexciter le bobinage du rotor pour obtenir plus de couple au démarrage.

15 Cette surexcitation peut être réalisée par une surtension aux bornes du bobinage d'excitation et/ou une surintensité dans le bobinage d'excitation par rapport à un alternateur conventionnel.

Ceci peut être réalisé à l'aide d'un survolteur  
20 électronique surexcitant le bobinage du rotor uniquement en mode démarrage.

Cette machine a ici la structure d'un alternateur classique par exemple du type de celui décrit dans le document EP-A-0 515 259 (US A 5 270 605) auquel on se  
25 reportera pour plus de précisions.

Cette machine est donc à ventilation interne (refroidissement par air), son rotor portant au moins à l'une de ses extrémités axiales un ventilateur monté à l'intérieur du support, dont les paliers avant et arrière de forme creuse  
30 présentent des entrées et des sorties d'air de manière décrite ci-après. En variante la machine est refroidie par eau.

Plus précisément le rotor est un rotor à griffes avec des roues polaires portant à leur périphérie externe des  
35 dents d'orientation axiale et de forme trapézoïdale. Les

dents d'une roue polaire sont dirigées vers les dents de l'autre roue polaire, lesdites dents de forme globalement trapézoïdale étant réparties de manière imbriquée d'une roue polaire à l'autre. Bien entendu, comme décrit par exemple dans le document FR-A-2 793 085, des aimants permanents peuvent être intercalés entre les dents des roues polaires pour augmenter le champ magnétique.

Le rotor porte un bobinage d'excitation entre les flasques de ses roues polaires. Ce bobinage comporte un élément électriquement conducteur qui est enroulé avec formation de spires. Ce bobinage est un bobinage d'excitation qui, lorsqu'il est activé, magnétise le rotor pour créer à l'aide des dents une alternance de pôles magnétiques Nord-Sud. Les extrémités du bobinage du rotor sont reliées chacune à une bague collectrice sur chacune desquelles frotte un balai. Les balais sont portés par un porte-balais solidaire du palier arrière de la machine portant centralement un roulement à billes supportant à rotation l'extrémité arrière de l'arbre portant à solidarisation le rotor.

Dans un autre mode de réalisation, le rotor est un rotor hybride à excitation bobinée et par aimants comme décrit par exemple dans les documents WO 02/054566 et US 6 147 429 auxquels on se reportera pour plus de précisions. Dans ce cas le rotor comporte un paquet de tôles, d'une part, dotées de logements pour réception d'aimants permanents et, d'autre part, découpées pour formation de pôles saillant autour desquels sont enroulés des bobinages d'excitation. Les logements sont fermés axialement à chacune de leurs extrémités par une pièce de maintien dotée d'une partie amagnétique destinée à venir en butée contre les aimants. La pièce de maintien présente des évidements de réception des chignons des bobinages d'excitation et porte des pales de ventilation. Un rotor de ce type peut par exemple de type à pôles lisses.



L'extrémité avant de l'arbre est supportée à rotation par un roulement à billes porté par le palier avant de la machine. L'extrémité avant de l'arbre porte à l'extérieur de la machine un organe d'entraînement, tel qu'une poulie appartenant à un dispositif de transmission de mouvement comportant au moins une courroie en prise avec la poulie. Le dispositif de transmission de mouvement établit une liaison entre la poulie et un organe, tels qu'une autre poulie, entraîné en rotation par le moteur à combustion interne du véhicule. En variante le dispositif de transmission de mouvement est à chaîne, l'organe d'entraînement comportant des dents coopérants avec la chaîne. En variante le dispositif de transmission de mouvement est à engrenages.

Lorsque la machine, ici un alternateur-démarrreur, fonctionne en mode alternateur, c'est-à-dire comme générateur électrique, la poulie est entraînée en rotation par le moteur à combustion interne du véhicule via au moins la courroie précitée. Lorsque la machine fonctionne en mode démarrreur c'est-à-dire en moteur électrique, la poulie entraîne en rotation le moteur du véhicule via la courroie.

Les paliers avant et arrière sont ajourés pour la ventilation interne de la machine, sont reliés entre eux, par exemple à l'aide de tirants, et appartiennent au support de la machine destiné à être fixé sur une partie fixe du véhicule.

En variante l'un au moins des paliers est doté d'un canal pour circulation d'un fluide de refroidissement, tel celui du moteur du véhicule, et refroidissement de la machine.

Ce support porte de manière fixe à sa périphérie externe le corps d'un stator constitué usuellement par un paquet de tôles dotées d'encoches pour le montage des bobines ou plus généralement des enroulements du stator dont les sorties sont reliées au pont redresseur et de commande précité.

Les bobines ou enroulements du stator sont formés par des fils ou des enroulements en barres comme décrit par exemple dans le document WO92/06527 ; les barres peuvent être de section rectangulaire. En variante les enroulements sont  
5 formés par des fils et il est prévu dans une même encoche du corps du stator un enroulement triphasé en étoile et un enroulement triphasé en triangle, dont les sorties sont reliées à des ponts de diodes comme décrit dans les document FR A 2 737 063 et US A 4 163 187.

10 Le stator entoure le rotor, dont les balais sont reliés à un régulateur de l'alternateur pour maintenir la tension de l'alternateur à une tension voulue ici de l'ordre de 14V, pour une batterie de 12V.

Le pont redresseur, l'unité électronique de commande et  
15 de contrôle du pont redresseur et le régulateur sont ici montés dans un boîtier électronique implanté à l'extérieur de la machine. Ce boîtier porte des moyens de commutation, comportant des interrupteurs de puissance, une unité de commande et un circuit de surexcitation. Le circuit de  
20 surexcitation est actif en mode démarrage pour, rendre maximal le couple de démarrage de l'alternateur-démarreur et démarrer plus aisément le moteur à combustion interne, dit aussi moteur thermique, du véhicule automobile, soit lors d'un démarrage à froid, soit lors d'un redémarrage après par  
25 exemple un arrêt à un feu rouge : le moteur ayant été coupé pour réduire à la consommation de carburant et réaliser ainsi une fonction dite de «Stop and GO».

Ce circuit de surexcitation reçoit en entrée la tension de réseau de bord délivrée par la batterie et/ou  
30 l'alternateur et délivre aux bornes du bobinage d'excitation une tension supérieure à cette tension de réseau de bord.

L'unité de commande et de contrôle de la machine électrique peut comporter des moyens qui permettent, dans le cas où l'alternateur-démarreur se déchargerait sur le réseau  
35 de bord en étant déconnecté par rapport à la batterie (cas de

« load dump » selon la terminologie anglo-saxonne généralement utilisée par l'homme du métier), de commander immédiatement l'ouverture d'un commutateur de puissance qui alimente la bobine d'excitation, afin de réaliser une  
5 démagnétisation rapide de l'alternateur, notamment de son rotor. Pour plus de précisions, on se reportera par exemple aux documents FR-A-2 802 365 et FR-A-2 802 361.

L'invention a pour objet, plus particulièrement, un agencement permettant d'exploiter la forte puissance  
10 électrique que la machine électrique tournante peut produire, pendant un bref délai de temps, à l'état de surexcitation. La figure 1 illustre le principe de la structure ou architecture d'un tel agencement. Sur cette figure les numéros de référence 1, 2 et 3 désignent un alternateur-démarrreur, la  
15 batterie et le réseau d'alimentation en énergie électrique du véhicule. En 4 on a représenté un convertisseur de courant continu en courant continu (DC/DC) réversible permettant un fonctionnement à deux tensions différentes V1, V2. Ce convertisseur est monté entre une borne 8 de la machine 1 et  
20 la borne de polarité correspondante 5 de la batterie 2, par l'intermédiaire d'un dispositif commutateur 6. Avantageusement, le convertisseur de courant continu 4 et le dispositif commutateur 6 sont placés dans un même boîtier électronique 30 de gestion du réseau de bord du véhicule.  
25 Lorsque celui-ci se trouve dans sa position indiquée en traits interrompus il relie la borne 8 de sortie du bobinage du stator de la machine à la borne 10 du convertisseur dont l'autre borne est reliée à la borne 5 de la batterie. Dans sa deuxième position, le commutateur ouvre le circuit du  
30 convertisseur et ferme un circuit électrique 7 interconnectant directement la borne 8 de la machine et la borne 5 de la batterie. On constate que la machine et la batterie sont directement reliées, de façon permanentes, par leur autre borne à la masse.

Ainsi le réseau 3 présente à droite du convertisseur 4, du côté de la batterie 2 une première tension V1 avantageusement régulée par l'unité de commande et de contrôle, contenue avantageusement dans un même boîtier électronique 20 de contrôle de la machine électrique, par exemple à une valeur de 14 volts.

Comme indiqué précédemment, ce boîtier électronique 20 de contrôle de la machine électrique comprend avantageusement le pont redresseur, l'unité électronique de commande du pont redresseur et le régulateur ainsi qu'un circuit de surexcitation du rotor de la machine électrique.

Avantageusement, une liaison de communication est prévue entre ce boîtier électronique 20 de contrôle et de commande de la machine électrique et le boîtier 30 de gestion du réseau de bord du véhicule. Cette liaison de communication peut être par exemple de type CAN couramment utilisée dans l'électronique automobile.

De l'autre côté du convertisseur la tension V2 peut varier entre la valeur de tension régulée V1 et une tension plus élevée. A titre d'exemple, cette tension pourrait alors varier entre 14 volts et 21,5 volts.

Selon une caractéristique de l'invention le dispositif commutateur 6 permet de connecter à l'alternateur-démarrreur 1 une source de stockage d'énergie 9, qui est donc montée entre les bornes réunies à la masse de la machine électrique 1 et de la batterie et la borne 10 du convertisseur 4 côté tension élevée V10 du convertisseur. Ainsi le commutateur 6 connecte la machine 1 soit au réseau 3, soit au dispositif de stockage d'énergie 9 et au convertisseur 4. Avantageusement, le convertisseur est de type statique.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, ce dispositif de stockage d'énergie est formé par un dispositif condensateur, avantageusement un dispositif connu sous la dénomination de condensateur double couche ou supercondensateur qui est constitué par une pluralité de

cellules capacitatives montées en série. Ce dispositif de stockage d'énergie ne présente qu'une résistance interne très faible et ne s'échauffe donc que faiblement. Le supercondensateur 9 peut être chargée à la valeur de la tension variable V2 côté gauche du convertisseur, c'est-à-dire du côté de l'alternateur-démarrreur 1, dans l'exemple considéré jusqu'à une valeur de 21,5 volts. Dans ce cas le supercondensateur pourrait être formée par huit cellules d'une plage de tension de 1,4 à 2,7 volts chacune.

La figure 2 montre un premier mode de réalisation préféré de l'agencement de la figure 1. Dans ce mode de réalisation le dispositif commutateur 6 comporte deux transistors du type MOSFET T1, T2 fonctionnant en interrupteurs et qui sont montés tête-bêche entre le point 10 de connexion du convertisseur 4 et du supercondensateur 9, ce point 10 étant porté à une tension V10, et la borne 8 de la machine électrique 1, et un troisième interrupteur selon l'invention, ici un transistor du type MOSFET T3 monté entre la borne 8 et le point de connexion 5 de la batterie 2 et du convertisseur 4, dans le circuit 7.

Selon l'invention ce troisième interrupteur T3 est monté en parallèle par rapport au convertisseur DC/DC

On décrira ci-après le fonctionnement de l'agencement de la figure 2 et certaines utilisations avantageuses de celui-ci.

L'agencement est conçu de façon que, dans des conditions d'excitation normales, par exemple lorsque le véhicule roule à une vitesse de croisière, le microcontrôleur formant régulateur, de l'unité de commande et de contrôle 20 de la machine électrique, régule la tension V1 à la valeur de consigne de par exemple 14 volts.

Il est à noter que le microcontrôleur limite le courant d'excitation à une valeur inférieure à la valeur maximale, pour éviter un échauffement trop important des bobinages de la machine. Par contre, lorsque le conducteur du véhicule

actionne les freins, l'unité de commande provoque tout d'abord le changement de la position du commutateur 6 qui se déplace donc de sa position représentée en traits continus sur la figure 1 dans la position de mise en circuit du  
5 supercondensateur 9, indiquée sur cette figure en traits interrompus. D'autre part, le contrôleur ne limite plus l'excitation ou donne une autre valeur de consigne si bien que le taux d'excitation de la machine fonctionnant en mode  
10 générateur peut augmenter. Etant donné que la machine est déconnectée du réseau, un couple supérieur peut être prélevé sur le moteur et la tension aux bornes de la machine peut augmenter jusqu'à la valeur maximale admissible. Le  
15 supercondensateur 9 est donc chargé pendant un temps de la période de freinage, qui est relativement bref pour éviter un échauffement excessif des bobinages de la machine.

Dans l'agencement tel que représenté sur la figure 2, lors d'un tel freinage, le contrôleur provoque l'ouverture du MOSFET interrupteur T3 et la fermeture des interrupteurs MOSFET T1 et T2 qui sont normalement ouverts, pour que le  
20 supercondensateur 9 puisse être chargée par la machine 1. L'agencement selon l'invention assure ainsi une récupération de l'énergie de freinage ce qui permet de parler d'un freinage récupératif.

Etant donné que ce mode de récupération d'énergie lors  
25 du freinage implique un actionnement très fréquent du commutateur 6, supérieur à cinq cent mille fois au cours de la vie du véhicule, on comprend aisément que l'utilisation proposée par l'invention d'un dispositif de commutation statique formé par des transistors MOSFET est avantageux par  
30 rapport à des commutateurs de type relais électromagnétique ou autres commutateurs mécaniques.

Le choix de deux transistors MOSFET T1 et T2 montés tête bêche en série avec le supercondensateur est dû au fait  
35 que le dispositif commutateur 6 peut voir une différence de tension  $V_2 - V_{10}$  dans les deux sens, soit dans le sens  $V_2 >$

V10 ou  $V2 < V10$ , par exemple lorsque le supercondensateur 9 est déchargé. Par conséquent le commutateur est en mesure de bloquer la tension dans les deux sens aussi bien dans sa position de déplacement normal du véhicule que dans sa position de freinage récupératif. Le montage tête bêche des MOSFET sur la figure 2 permet de réaliser ces fonctions. La figure 7 illustre le fonctionnement de l'agencement en mode de freinage récupératif. Les flèches indiquent l'écoulement du courant de chargement du supercondensateur 9, à travers les interrupteurs MOSFET T1 et T2 qui sont fermés, l'interrupteur MOSFET T3 étant ouvert.

Les figures 4 à 6 et 8 à 9 illustrent l'agencement et bien d'autres modes de fonctionnement. L'état de fermeture des interrupteurs MOSFET et donc le passage d'un courant est symbolisé par une ligne fléchée en trait mince. Les flèches indiquent la direction de l'écoulement des courants.

La figure 4 illustre le cas où la machine électrique tournante 1 fonctionne en mode démarreur en étant alimentée à partir de la batterie. On constate que le MOSFET T3 est fermé et court-circuite ainsi le convertisseur 4. Les interrupteurs MOSFET T1 et T2 sont ouverts et isolent le supercondensateur 9.

La figure 5 illustre également le fonctionnement de la machine et de l'agencement selon l'invention en mode démarreur. Mais cette fois-ci l'énergie est fournie par le supercondensateur 9. Par conséquent les MOSFET T1 et T2 sont fermés et donc passants tandis que le MOSFET T3 est ouvert. Ce MOSFET pourrait être fermé si la tension du supercondensateur descend en dessous de la tension de la batterie.

La figure 6 illustre le fonctionnement en mode alternateur et qu'alimente le réseau 3. Dans ce cas l'interrupteur-MOSFET T3 est fermé et donc passant tandis que les interrupteurs MOSFET T1 et T2 sont ouverts. L'énergie pourrait aussi être fournie au réseau 3 par décharge du

supercondensateur 9 à travers le convertisseur 4 comme le montre la figure 8. Les trois interrupteurs T1, T2, T3 sont alors ouverts. On pourrait aussi envisager l'alimentation du réseau à la fois par la machine 1 et le supercondensateur.

5 Ainsi, en cas de besoin, une partie du réseau d'énergie du véhicule peut être alimenté sous une tension supérieure à la normale comprise entre 14 et 30 Volts.

La figure 9 illustre le cas particulièrement spécifique de l'invention dans lequel la machine doit être en mesure de  
10 travailler sur des charges nécessitant des fortes puissances, par exemple pour exécuter des fonctions de direction électrique assistée ou de chauffage d'habitacle. L'énergie est alors fournie par le l'alternateur régulé à une tension supérieure à la tension du réseau. Comme dans le cas de la  
15 figure 4, l'interrupteur T3 est ouvert. L'énergie est fournie aux consommateurs par l'alternateur en parallèle avec le supercondensateur, soit une source à très faible impédance interne particulièrement apte à alimenter par exemple des directions assistées électriques dont les courants pics sont  
20 un problème connu.

On décrira ci-après, en se référant à la figure 3, un deuxième mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation le dispositif commutateur 6 n'est plus formé par les deux transistors MOSFET T1 et T2, mais par une diode D  
25 avec laquelle est monté en série un interrupteur R qui pourrait être un relais électromagnétique. En effet, la présence des transistors MOSFET T1 et T2 était avantageuse pour un fonctionnement à forte puissance sous l'effet du supercondensateur 9. Par contre il s'est avéré que pour le  
30 cas d'un fonctionnement avec alimentation à partir de la batterie 2, sans possibilité de démarrage avec les supercondensateurs, une simple diode D suffit pour accomplir la fonction des deux transistors, ce qui permet de réduire la taille du dispositif commutateur et le coût. En raison du  
35 problème du pré-chargement du supercondensateur 9 lorsque sa



tension est inférieure à celle de la batterie, le relais R a été mis en série avec la diode pour éviter l'écoulement d'un courant de la batterie au supercondensateur. La diode D3 pourrait être une diode du type dit "Pressfit", ce qui constitue une solution très peu onéreuse. Bien entendu on pourrait également envisager de remplacer les transistors MOSFET T1 et T2 par un relais de grande fiabilité ce qui permettrait de réduire encore d'avantage les coûts.

Pour aller encore plus loin dans cette réduction du coût, on pourrait aussi utiliser à la place du supercondensateur une batterie telle que par exemple une batterie 18 volts pour un réseau de 14 volts. Par contre il sera alors nécessaire de changer la batterie pendant la durée de vie du véhicule.

Il a été indiqué plus haut, que l'interrupteur T3 a pour fonction de protéger la machine d'une inversion de connexion de polarité. Mais, étant donné qu'il y a toujours un risque d'inversion de polarité sur le réseau 14 volts, il est proposé dans le cas de l'invention de prévoir encore une diode de fixation de niveau (non représentée) avec, monté en série, un fusible. Ainsi la sortie du convertisseur est protégée contre toute inversion de polarité de la connexion de la batterie 2. Dans le cas d'une connexion inverse, du courant s'écoule à travers la diode et le fusible et provoque la fusion de celle-ci. Dans tous les cas l'interrupteur T3, monté en parallèle par rapport au convertisseur DC/DC, permet de limiter la puissance de ce convertisseur qui est ainsi plus économique. Ce convertisseur est court-circuité par l'interrupteur T3 en fonctionnement normal de manière décrite ci-après.

Les transistors MOSFET sont avantageusement des transistors pour courants élevés. Lorsque l'on souhaite assurer un démarrage soit avec une batterie 14 volts ou le supercondensateur, par exemple à un courant de 600 Ampères pendant 200 ms, il est avantageux de réaliser les

interrupteurs par un montage en parallèle de transistors MOSFET.

Dans la description qui précède, quelques valeurs ont été données à titre d'exemple. Ainsi la valeur supérieure de la tension  $V_1$  variable a été choisie à 21,5 volts. Bien entendu cette tension pourrait être plus élevée et on pourrait prévoir un système 42 volts. Mais, une tension plus faible permet de court-circuiter le convertisseur DC/DC 4 lors d'un mode de fonctionnement normal. On peut alors, grâce à l'invention, utiliser un convertisseur de plus faible puissance et d'une taille plus faible. La puissance du convertisseur peut être déterminée d'après le fonctionnement en mode de freinage récupératif de l'agencement selon l'invention. Pour pouvoir fournir approximativement 3 kW à une vitesse élevée pendant par exemple trois secondes le supercondensateur 2 pour une tension variant entre 14 V et 21,5 V doit avoir une capacité de 67 F. Comme il a été indiqué plus haut, l'ultra capacité pourrait alors être formée par un montage en série d'une pluralité de condensateurs individuels.

Grâce à l'invention la puissance du convertisseur est dans ce cas globalement de 700W au lieu de 1400 à 1500W pour un réseau de 14V.

### REVENDICATIONS

1. Agencement pour la mise en œuvre d'un procédé de commande d'une machine électrique tournante polyphasée et réversible, associée à un moteur thermique d'un véhicule notamment automobile comprenant un réseau d'alimentation en énergie électrique et une batterie formant source d'énergie électrique reliée à ce réseau, ainsi qu'une unité de commande et de contrôle de ladite machine électrique, dans lequel on fait produire par surexcitation de la machine (1) pendant un délai de temps prédéterminé, de l'énergie et rend disponible cette énergie pour l'exécution de certaines fonctions liées au véhicule, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de mise à disposition de l'énergie produite pendant le délai de temps prédéterminé de surexcitation de la machine, en ce que le dispositif de mise à disposition de l'énergie est un dispositif de stockage d'énergie (9) susceptible d'être relié à la machine électrique tournante (1) par un dispositif commutateur (6), en ce qu'il comporte un convertisseur de courant continu en courant continu (4) monté entre la batterie d'alimentation en énergie (2) et le dispositif de stockage d'énergie (9), en aval du dispositif commutateur (6), en ce qu'il comporte un circuit (7) susceptible de relier directement la machine électrique tournante (1) à la batterie (2) et en ce qu'un interrupteur (T1) est prévu dans le circuit précité (7).

2. Agencement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'interrupteur est formé avantageusement par un transistor MOSFET (T1).

3. Agencement selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif commutateur (6) est un dispositif de commutation statique.

4. Agencement selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif de stockage d'énergie (9) est un

dispositif condensateur, avantageusement un supercondensateur à faible résistance interne.

5        5. Agencement selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif de commutation comporte deux transistors avantageusement du type MOSFET (T1, T2) qui sont montés tête-bêche dans le circuit de sortie de la machine électrique tournante (1).

10       6. Agencement selon la revendications1, caractérisé en ce que le dispositif de commutation (6) est formé par une diode (D), un interrupteur (R) étant monté en série avec cette diode.

7. Agencement selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'interrupteur (R) précité est formé par un relais électromagnétique.

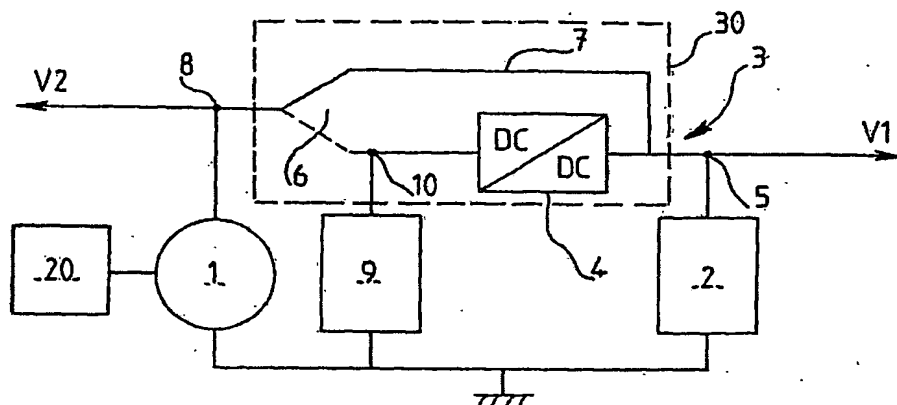


FIG. 1

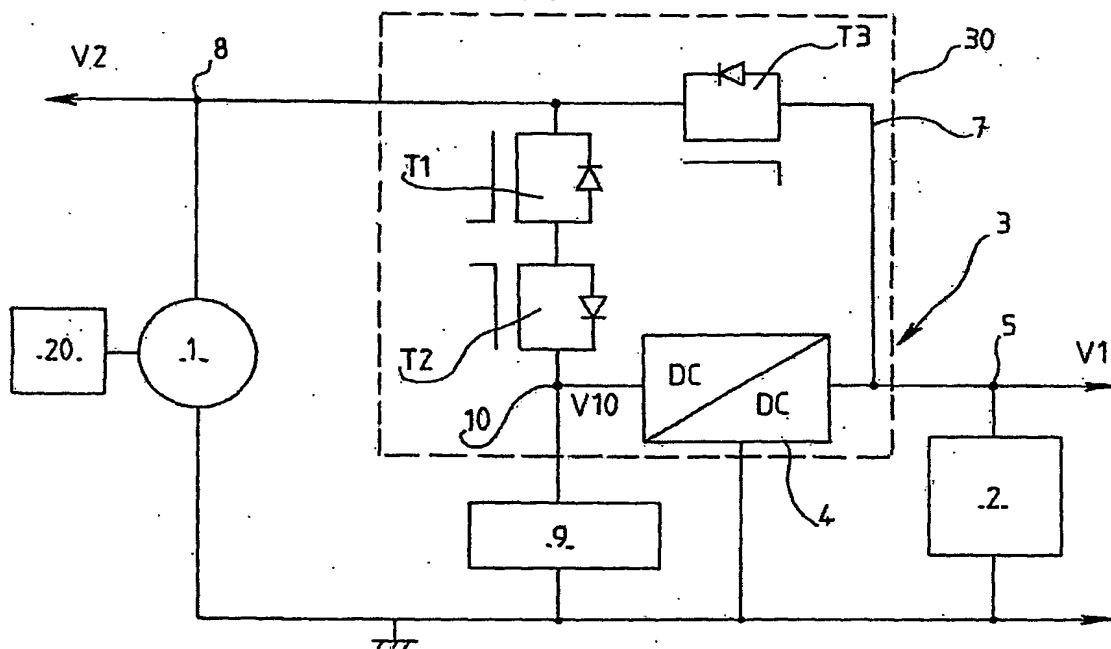


FIG. 2

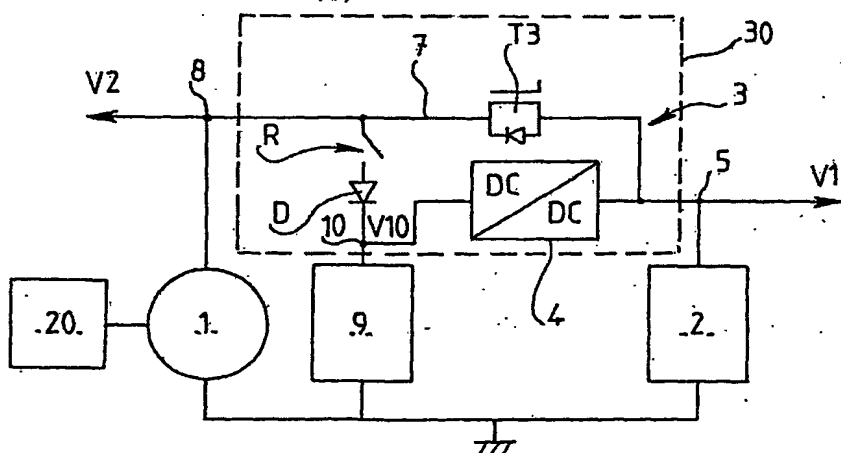


FIG. 3

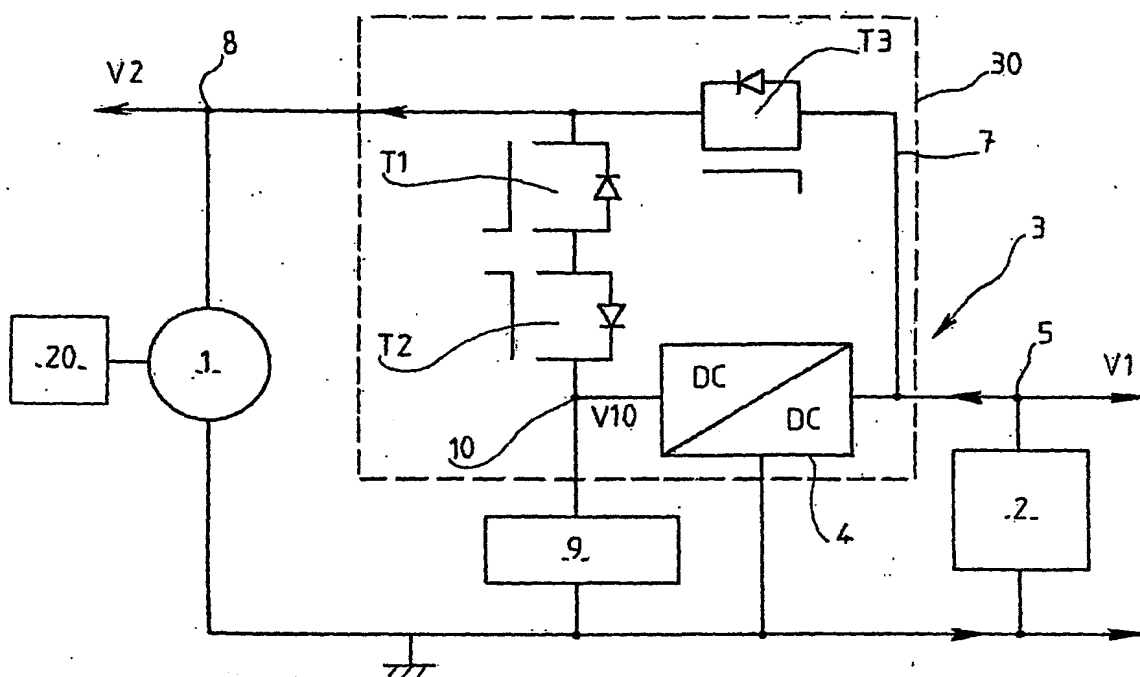


FIG. 4

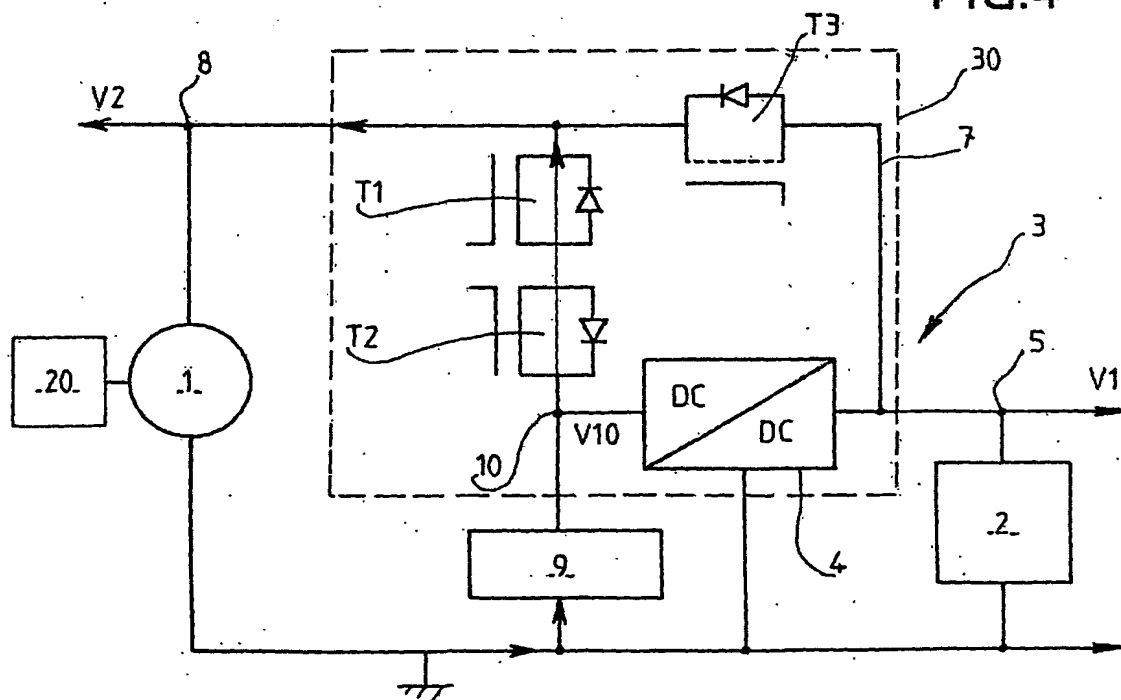


FIG. 5

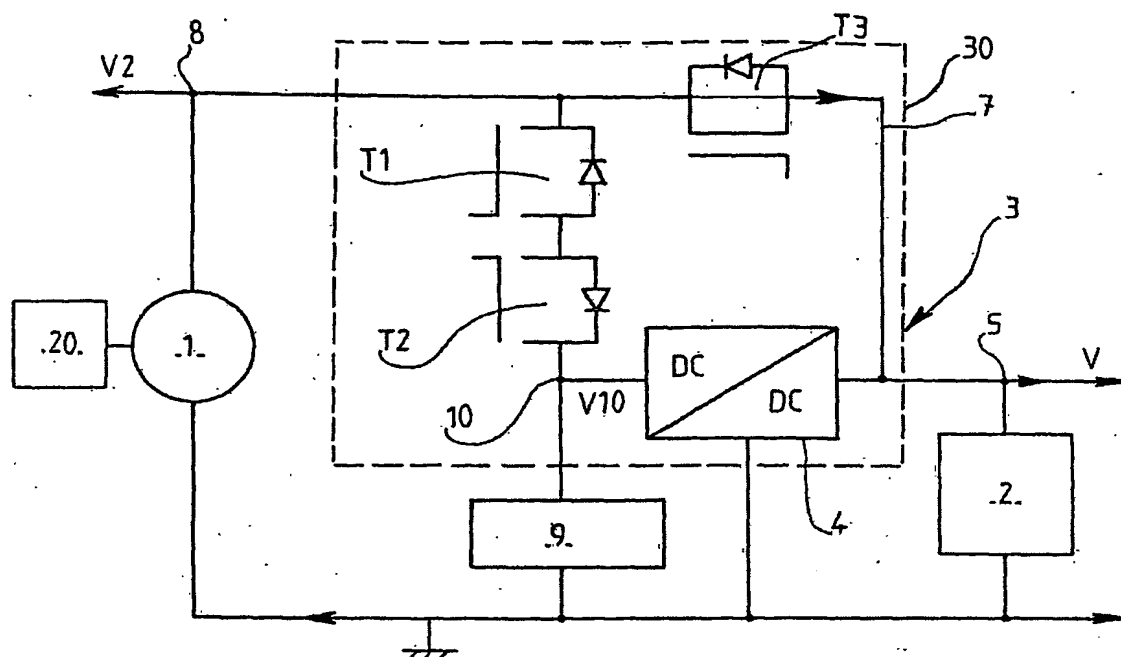


FIG. 6

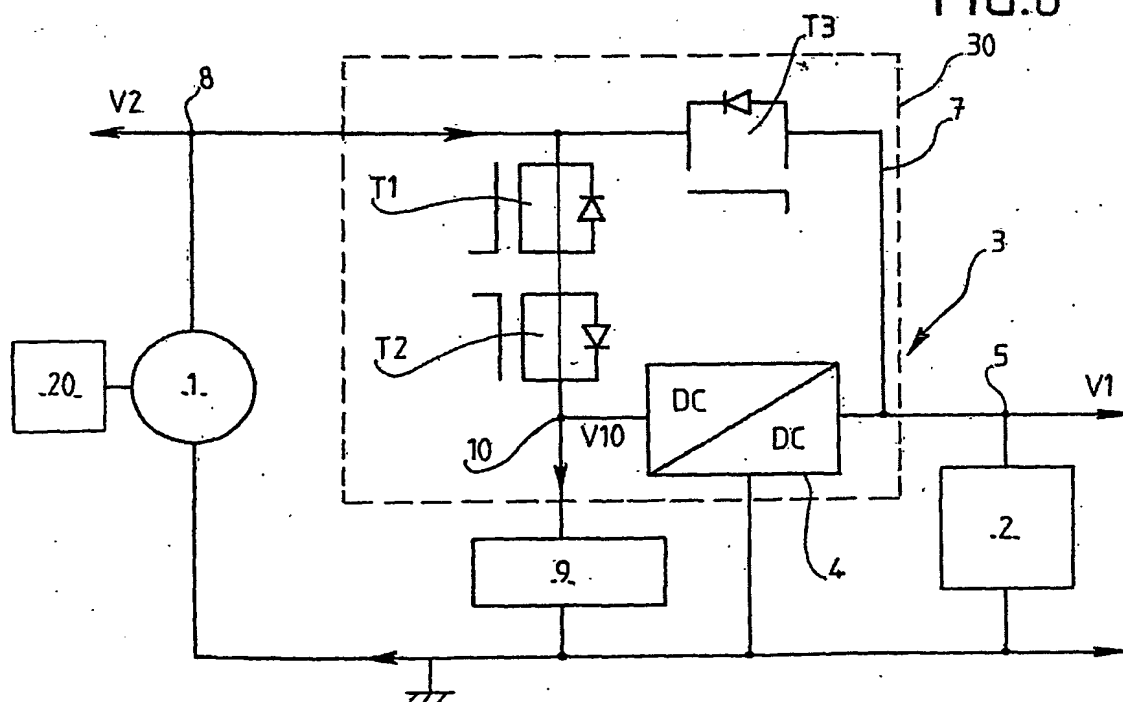


FIG. 7

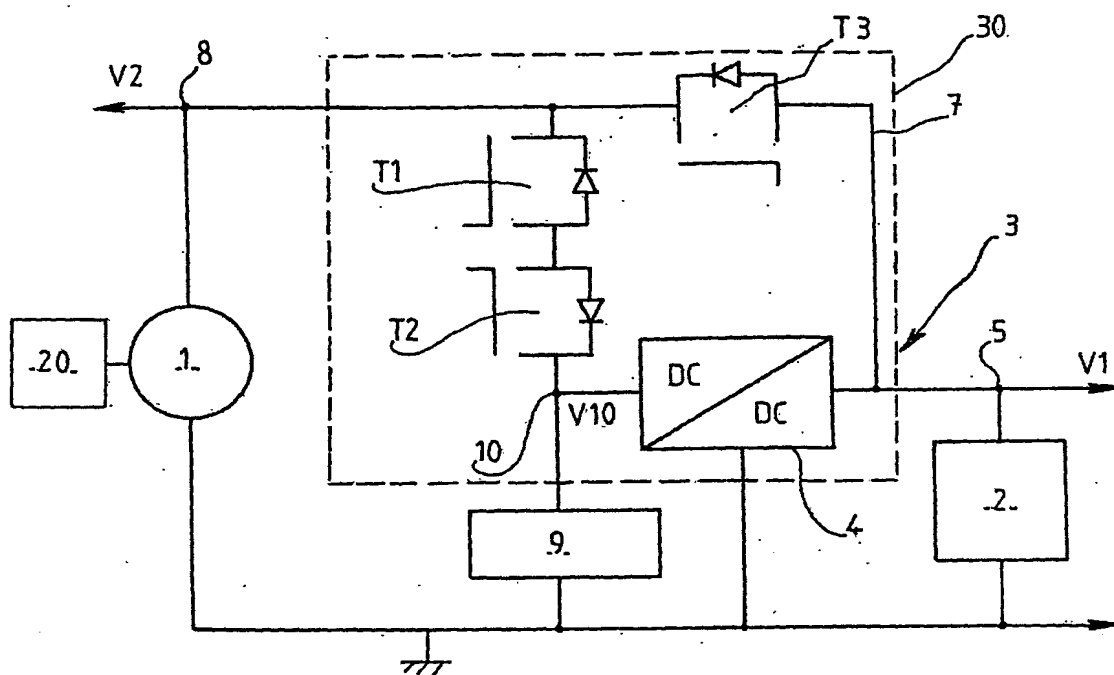


FIG. 8

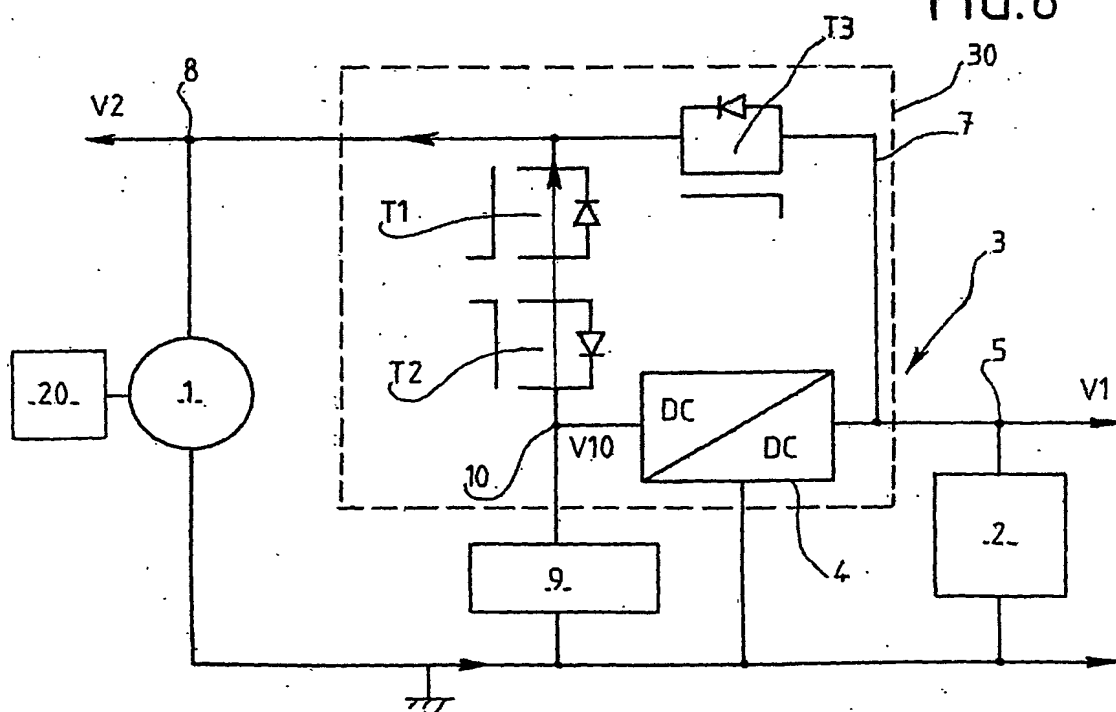


FIG. 9